

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1903-1904. — N° 199.

Travail du Laboratoire d'hygiène de l'Université de Lyon.

FILTRATION
DES
EAUX POTABLES

PAR LES PROCÉDÉS AMÉRICAINS

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 30 juillet 1904

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Antoine NOMBLOT

Né au Creusot (Saône-et-Loire), le 5 novembre 1873.



LYON, IMPRIMERIE R. SCHNEIDER

Quai de l'Hôpital, 9.

—
1904

FILTRATION
DES
EAUX POTABLES

PAR LES PROCÉDÉS AMÉRICAINS

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1903-1904. — N° 199.

Travail du Laboratoire d'hygiène de l'Université de Lyon.

FILTRATION
DES
EAUX POTABLES

PAR LES PROCÉDÉS AMÉRICAINS

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 30 juillet 1904

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Antoine NOMBLOT

Né au Creusot (Saône-et-Loire), le 5 novembre 1873.



LYON, IMPRIMERIE R. SCHNEIDER

Quai de l'Hôpital, 9.

1904

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET DOYEN.
HUGOUNENQ ASSESEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PAULET, CHAUVEAU.

PROFESSEURS

Cliniques médicales	}	MM. LÉPINE.
Cliniques chirurgicales.		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements.		BARD.
Clinique ophtalmologique		PONCET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.		JABOULAY.
Clinique des maladies mentales		X...
Clinique des maladies des enfants		X...
Physique médicale.		GAILLETON.
Chimie médicale et pharmaceutique		PIERRET.
Chimie organique et Toxicologie.		WEILL.
Matière médicale et Botanique.		MONOYER.
Parasitologie		HUGOUNENQ.
Anatomie.		CAZENEUVE.
Anatomie générale et Histologie		BEAUVISAGE.
Physiologie		LORTET.
Pathologie interne.		TESTUT.
Pathologie externe.		RENAUT.
Pathologie et Thérapeutique générales.		MORAT.
Anatomie pathologique		TEISSIER.
Médecine opératoire		AUGAGNEUR.
Médecine expérimentale et comparée.		MAYET.
Médecine légale.		TRIPPIER.
Hygiène.		POLLOSSON (M.).
Thérapeutique.		ARLOING.
Pharmacologie		LACASSAGNE.
		COURMONT (J.).
		SOULIER.
		FLORENCE.

PROFESSEUR ADJOINT

Physiologie, cours complémentaire. M. DOYON.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des maladies des femmes	MM. POLLOSSON (A.), agrégé.
Maladies des voies urinaires	CHANDELUX, —
Maladies des oreilles, du nez et du larynx	LANNOIS, —
Propédeutique médicale	ROQUE, —
Propédeutique chirurgicale	ROLLET, —
Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN, —
Anatomie pathologique	DEVIC, —
Accouchements	FABRE, —
Matière médicale	MOREAU, —
Anatomie topographique.	DURAND, —

AGRÉGÉS

MM. ROUX.	MM. SIRAUD.	MM. BÉRARD.	MM. VILLARD.
COLLET.	DURAND.	SAMBUC.	TIXIER.
BOYER.	PIC.	BORDIER.	FABRE.
BARRAL.	PAVIOT.	COURMONT (P.)	REGAUD.
MOREAU.	NOVE-JOSEPH.	CHATIN.	CAUSSE, ch...
VALLAS.			

M. BAYLE, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. COURMONT (J.), Président ; ARLOING, Assesseur ;

MM. SIRAUD, et PIC, Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PERE

A MA MÈRE

MEIS ET AMICIS

A mon Président de thèse

Monsieur le Professeur J. COURMONT

PROFESSEUR D'HYGIÈNE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

MÉDECIN DES HÔPITAUX

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

INTRODUCTION

Avec la loi de 1902 sur la santé publique, l'hygiène est arrivée à un tournant de son histoire.

Si cette loi doit faire faire sur certains points de grands progrès à l'hygiène publique, il en est d'autres qu'elle a négligés ou même qu'elle n'a pas envisagés.

La question des eaux potables par exemple, a été à peine ébauchée par le législateur.

Continuant, en effet, à considérer l'eau de source comme le seul moyen d'alimentation possible en eau potable, il suppose le problème résolu, et croit que tous les hygiénistes sont d'accord.

En réalité, il n'en est rien, et de plus en plus le nombre des partisans d'une épuration systématique des eaux augmente.

Le nombre des procédés proposés est innombrable : parmi ceux-ci, le procédé américain n'a pas encore fait son apparition en France : c'était un champ d'études ouvert.

Le professeur Courmont a bien voulu nous charger d'étudier ce procédé, et nous avons choisi ce sujet pour en faire notre thèse inaugurale.

Avant d'entrer dans le vif de notre sujet, nous tenons à le remercier d'avoir bien voulu accepter la présidence de notre thèse et de nous avoir témoigné une grande bienveillance dans diverses circonstances.

Nous ne saurions non plus oublier la bonté que M. le professeur agrégé Lannois nous a montrée.

Que M. le professeur Arloing, que MM. les professeurs agrégés Pic et Siraud, reçoivent ici l'assurance de toute notre reconnaissance pour avoir bien voulu faire partie de notre jury de thèse.

Nous prions M. le docteur Defontaine, d'accepter ici tous nos remerciements pour l'accueil bienveillant qu'il nous a fait à l'hôpital du Creusot, où il a dirigé nos premiers pas en chirurgie.

Nous ne saurions passer sous silence nos amis les docteurs Lacomme et Gignier; tous deux nous ont toujours porté un grand intérêt, et peuvent être assurés que nous ne les oublierons jamais.

Enfin, que tous nos amis des lycées de Mâcon et de Dijon soient certains de notre inaltérable amitié.

A. N.

Juillet 1904.

CHAPITRE PREMIER

Condamnation des eaux naturelles. — Divers procédés d'épuration des eaux.

Une ville peut s'alimenter en eau potable de deux façons. La première consiste à utiliser l'eau telle qu'elle existe dans la nature, sans la soumettre à aucune manipulation ayant pour but de la purifier tant au point de vue chimique qu'au point de vue bactériologique.

Le second moyen de se procurer de l'eau potable consiste à prendre l'eau telle quelle, là où elle se trouve, et à l'épurer par un des nombreux procédés en usage.

Dans le premier cas, on s'adresse aux sources, aux puits, aux citernes.

On en est revenu sur la soit-disant pureté des eaux de source qui sont, au contraire, souvent dangereuses.

Les expériences de Pasteur sur la pureté des sources ont été fort mal comprises et encore plus mal interprétées. Lorsque Pasteur affirme la *pureté* d'une eau de source, il emploie le mot *source* dans un sens très précis et qui s'éloigne beaucoup de celui généralement employé quand il s'agit de désigner une masse

d'eau destinée à alimenter une ville. Dans le premier cas (*source véritable*) nous sommes en présence d'une faible quantité d'eau que l'on peut recueillir à son émergence vraie; dans le second cas, il s'agit plutôt d'un véritable cours d'eau capté à son origine apparente.

On conçoit dès lors facilement que les conclusions de Pasteur, vraies en ce qui concerne les *sources véritables*, ne puissent s'appliquer aux soit-disant sources destinées à l'alimentation des villes.

L'expérience d'ailleurs est là pour nous montrer que ces conclusions théoriques ne sont malheureusement que trop vraies.

Prenons l'exemple de Paris qui, plus que toute autre ville, a fait des sacrifices énormes pour amener de très loin des eaux de source. La fièvre typhoïde quoique notablement diminuée depuis la suppression de l'eau de Seine, *n'a jamais disparu de Paris* : l'épidémie de février 1904 est encore présente à la mémoire de tous et démontre surabondamment les dangers des eaux dites de source.

L'analyse bactériologique des eaux de Paris, permet d'ailleurs d'y déceler constamment le *colibacille*, preuve absolue d'une souillure permanente par des matières fécales.

Les eaux de puits ne peuvent pas se défendre davantage. Ceux-ci, en effet, sont exposés à des contaminations de tous les jours. Les fosses d'aisances fixes, soit-disant étanches, communiquent presque toujours avec les puits, qui, par ce mécanisme, sont souvent infectés. Une épidémie récente de fièvre

typhoïde observée à Lyon, par C. Lesieur, est une preuve de cette contamination des puits. Outre cette contamination qu'un meilleur système d'évacuation des matières usées pourrait éviter, les puits sont encore exposés à la contamination provenant de toutes les infiltrations à distance.

Quant aux citernes, nous ne les citerons que pour mémoire : celles-ci présentant les mêmes inconvénients que les puits.

Il est donc de toute nécessité de remédier aux inconvénients de l'emploi de l'eau naturelle. Pour cela divers procédés peuvent être employés.

Le meilleur, sans contredit, est l'*ébullition*. Mais il est facile de comprendre que ce moyen n'est applicable que lorsque l'on n'a besoin que d'une faible quantité d'eau. Ce procédé n'est par conséquent pas applicable quand il s'agit d'alimenter des agglomérations même minimales, il ne peut convenir que dans une famille.

Outre la *chaleur*, d'autres moyens physiques ont été préconisés : *ozone* et *électricité*. Les mêmes objections peuvent s'appliquer à ces procédés et à l'ébullition. Cependant ceux-ci pourraient jusqu'à un certain point être employés dans de petites agglomérations un peu plus considérables que la famille.

Les agents chimiques également ont été employés comme agents stérilisants. Les plus couramment employés sont l'alun, le permanganate de potasse, l'hypochlorite de chaux, le bisulfite de soude, le brome et enfin l'iode.

De tous ces moyens, un surtout est à retenir, c'est

celui basé sur l'emploi de l'iode à l'état naissant. Ce procédé étudié récemment par Klizowski, n'est, comme les précédents, applicable que lorsque l'on a besoin de petites quantités d'eau, comme pour une armée en campagne par exemple.

Enfin, à côté de tous ces procédés que nous venons d'énumérer, il y a les procédés que nous pourrions appeler les procédés physico-biologiques, c'est-à-dire ceux basés sur la filtration. On sait, en effet, que outre la finesse des pores des vases filtrants ou des couches de sable filtrantes, un certain nombre de microbes et d'algues forment une sorte de membrane filtrante qui retient les micro-organismes, comme l'a démontré Piefke.

Nous ne signalerons que pour mémoire toute la série de filtres que l'on ne peut employer que dans les laboratoires par suite de leur difficulté d'entretien. Nous voulons parler du filtre Chamberland et de tous ceux qui en sont dérivés.

Quant aux galeries filtrantes, comme à Lyon, aux puits Lefort, employés à Nantes au milieu de la Loire, nous les condamnons, car si en temps normal ils donnent d'excellents résultats, ils sont impossibles à réparer s'ils viennent à être victimes d'un accident quelconque (fissure par suite d'un tremblement de terre) ou d'une contamination accidentelle.

Bien supérieurs à cet égard sont les filtres de Hambourg qui ont été l'objet d'une récente étude de Lutrot; mais d'un prix de revient assez élevé, ils ne sont pratiques que pour une ville assez considérable.

Nous avons réservé pour la fin le système améri-

cain que nous nous proposons d'étudier et qui à l'heure actuelle, peu connu en Europe et, surtout en France, est déjà assez répandu, surtout de l'autre côté de l'Atlantique : aux Etats-Unis.

CHAPITRE II

Description du filtre à sable (système américain).

Le filtre américain type (système basé sur la seule pesanteur) se compose essentiellement de deux cuves concentriques dont l'une, l'intérieure, contient le sable destiné à filtrer l'eau.

Ces deux cuves sont en bois de cèdre ou de cyprès, les douves ont une épaisseur de deux pouces trois quarts (8 centimètres environ), l'appareil complet a quatorze pieds de hauteur (4 m. 50 environ); quant au diamètre, il varie suivant le débit que l'on veut obtenir et la place dont on dispose. Le bois de cèdre ou de cyprès peut être remplacé par du fer ou de l'acier si on le préfère. Lorsqu'elles sont en bois, les cuves sont très solidement cerclées de bandes de fer forgé qui unissent intimement les douves.

Si on jette un coup d'œil sur la figure 1 représentant un filtre américain, on est tout d'abord frappé de la disposition des deux cuves concentriques. La plus grande a une hauteur égale ou peu s'en faut à la hauteur de l'appareil et un diamètre égal à celui de l'appareil.

La cuve intérieure, beaucoup plus petite, a une hauteur bien moindre et un diamètre plus faible.

Celle-ci est disposée de telle sorte que entre la face inférieure de son plancher et la face supérieure du plancher de l'autre cuve il existe un espace libre

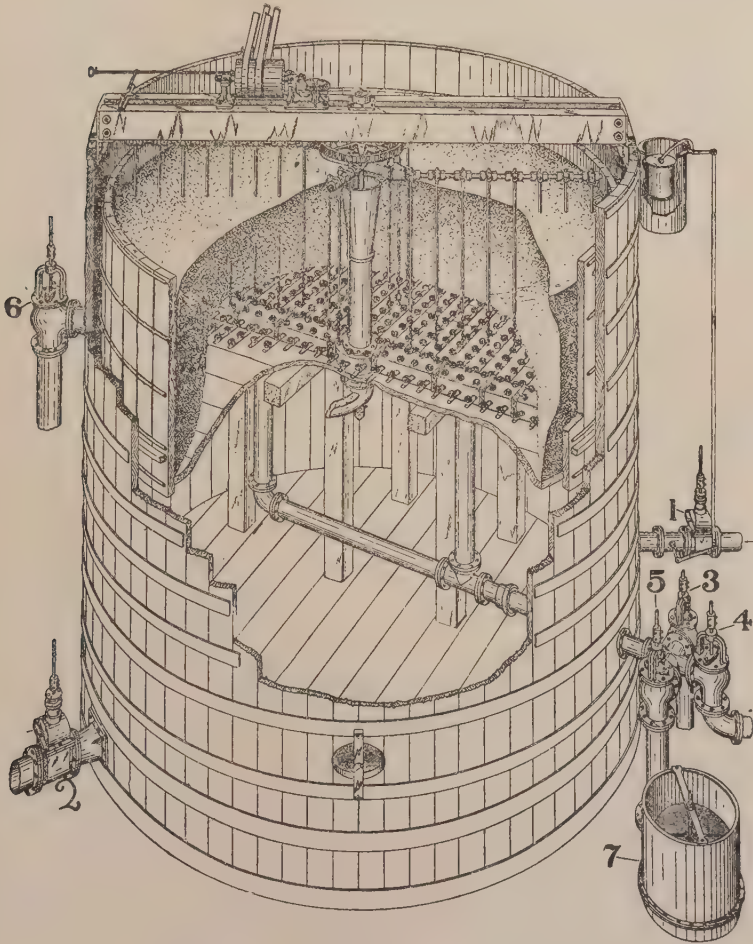


FIG. 1.

Filtre « Jewell » (Gravity).

1. Vanne d'entrée. — 2 et 6. Vannes de lavage (sortie de l'eau). — 3. Vanne de relavage. — 4. Vanne de lavage (entrée de l'eau). — 5. Vanne de distribution. — 7. Controller.

assez considérable constituant ce que nous étudierons plus loin sous le nom de bassin de décantation. Entre les deux cuves existe, bien entendu, vu la différence de diamètre, un espace annulaire ; enfin la cuve extérieure déborde d'une certaine hauteur au-dessus de la cuve intérieure ; nous verrons pourquoi dans la suite.

Notre petite cuve intérieure sur le fond de laquelle repose le lit filtrant est maintenue en place de deux façons : d'abord par une sorte de cannelure existant sur son pourtour dans laquelle vient s'emboîter une moulure correspondante de la face intérieure de la cuve extérieure ; ensuite par de forts madriers qui vont reposer sur le fond de la cuve extérieure qui elle-même s'appuie sur le sol. L'union des deux cuves est telle que l'eau ne peut filtrer entre la moulure et la cannelure correspondante. Ce système de suspension a pour résultat de répartir sur une plus grande surface l'effort et la pression qu'auraient sans cela à supporter le fond et les douves de la petite cuve.

Sur le fond de la cuve intérieure est disposé tout un réseau de tuyauterie en fonte, sur lequel nous n'insisterons pas ; nous nous bornerons à dire que cette tuyauterie est destinée à recueillir l'eau lorsqu'elle a passé à travers la couche filtrante, à la conduire dans les réservoirs et à amener l'eau filtrée servant au lavage de l'appareil. A noter dans l'axe de la cuve un tuyau qui fait communiquer le bassin de décantation avec la petite cuve. Ce tuyau déborde un peu au-dessus de la couche filtrante.

Lorsque le sable vient à s'encrasser (ce qui, nous

le verrons plus loin avec plus de détails, arrive environ toutes les vingt-quatre heures) il faut le nettoyer; cette opération se fait avec de l'eau filtrée et un appareil agitateur. Cet appareil agitateur est composé d'un arbre de couche vertical placé dans l'axe de la cuve et situé à l'intérieur du tuyau précité. Fixés à l'arbre de couche, quatre bras métalliques rigides portent de petites pièces également métalliques disposées sur ces bras comme les dents d'un peigne. Ces dents sont disposées de telle sorte que lorsque l'appareil tourne dans son sens *en avant*, elles sont rigides; au contraire, quand il tourne dans le sens *en arrière*, grâce à des articulations à rotule, ces dents peuvent se replier sur elles-mêmes. Un système d'engrenage à vis sans fin, visible à la partie supérieure de la figure 1, sert à faire tourner l'arbre de couche qui, dans ce cas, entraîne dans sa course les dents de l'agitateur.

L'engrenage est supporté par une forte traverse métallique fixée aux parois de la cuve extérieure.

Les cuves sont en communication avec l'extérieur par une série de robinets ou de vannes destinés à permettre l'entrée et la sortie de l'eau. La position de ces vannes étant intimement liée à leur fonctionnement, nous omettons à dessein leur description que l'on trouvera détaillée dans le chapitre suivant.

Signalons encore un régulateur automatique grâce auquel le niveau de l'eau dans l'appareil est toujours constant. Un mécanisme très ingénieux permet de faire passer dans la couche filtrante de la vapeur

d'eau sous pression et ainsi de stériliser le sable toutes les fois qu'il y en a besoin.

L'appareil que nous venons de décrire est le « Jewell gravity filter » ; il existe des modèles très analogues, comme celui que nous représentons, par exemple, dans notre figure 2.

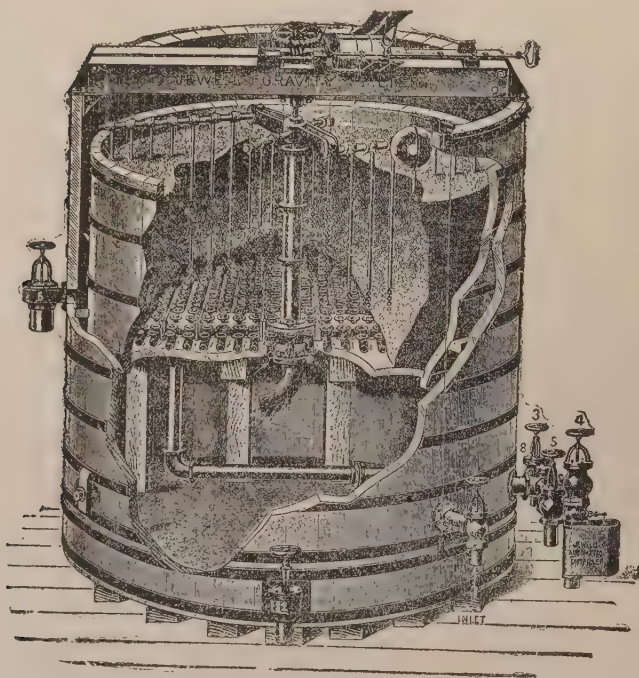


FIG. 2.

Filtre « Jewell » (Gravity).

Les deux modèles dont nous venons de parler ont un bassin de décantation et l'eau à filtrer arrive par le fond de l'appareil.

Nous donnons, à titre de simple renseignement (fig. 3), un autre modèle dit « New-York » et très

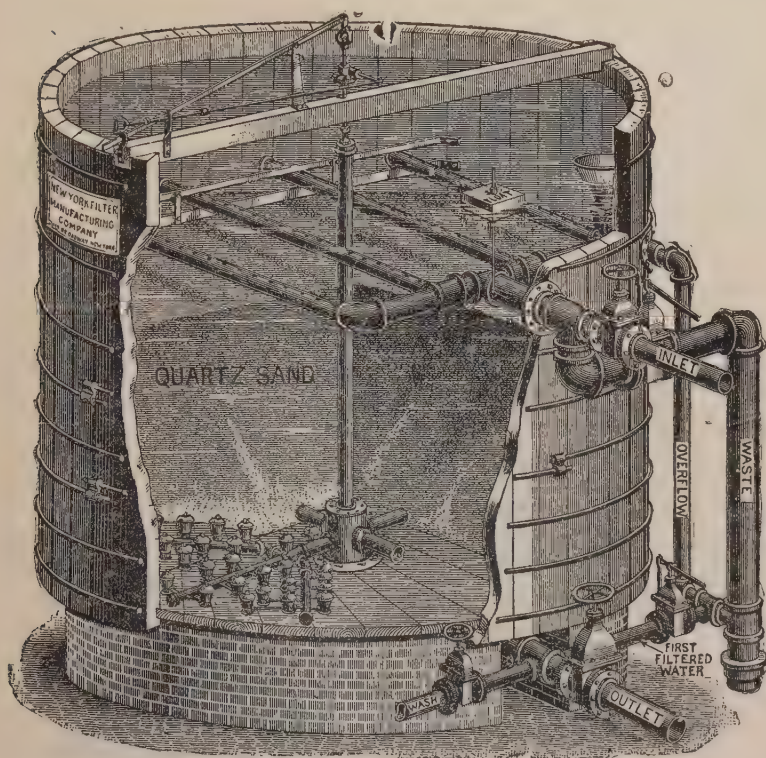


FIG. 3.

Filtre du type « New-York » (Gravity).

analogue aux précédents, mais en différant par quelques détails : pas de bassin de décantation, arrivée de l'eau à filtrer par le dessus de l'appareil, etc.

L'inspection de la figure montre assez les différences de détails pour que nous n'ayons pas besoin d'insister.

Outre ces modèles, tous basés sur la seule pesanteur de l'eau (gravity filters), il existe des types très analogues à ceux-ci, mais il n'y a qu'un seul récipient, recouvert à la partie supérieure d'un couvercle fermant hermétiquement. Ce sont les modèles dit « pressure filters », autrement dit filtres sous pression. Une simple inspection de la figure 4 montre suffisamment les analogies et les différences pour que nous n'ayons pas besoin d'insister.

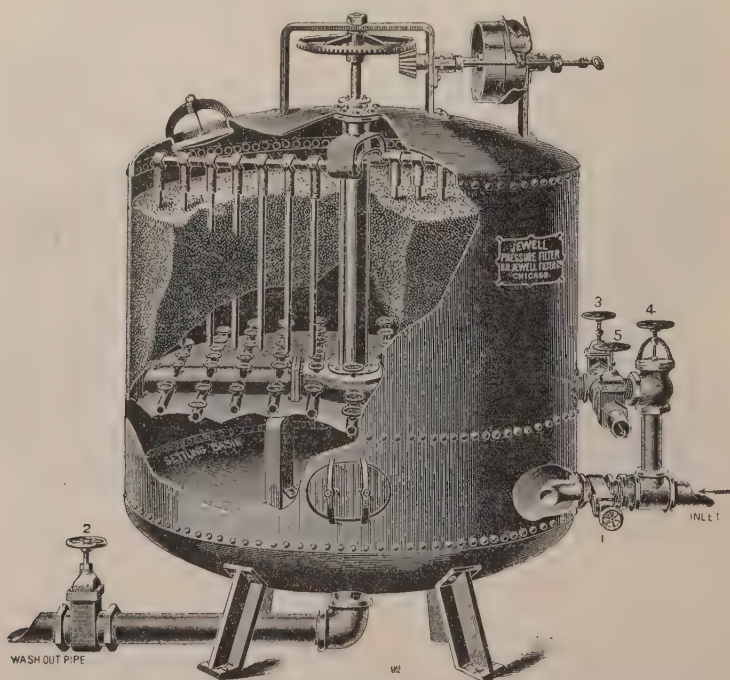


FIG. 4

Filtre « Jewell » (Pressure).

A côté des types que nous venons de signaler, qui sont des grands modèles destinés à filtrer de l'eau en

grande quantité (pour toute une ville, par exemple),
il existe des modèles plus petits (figures 5 et 6) qui ne

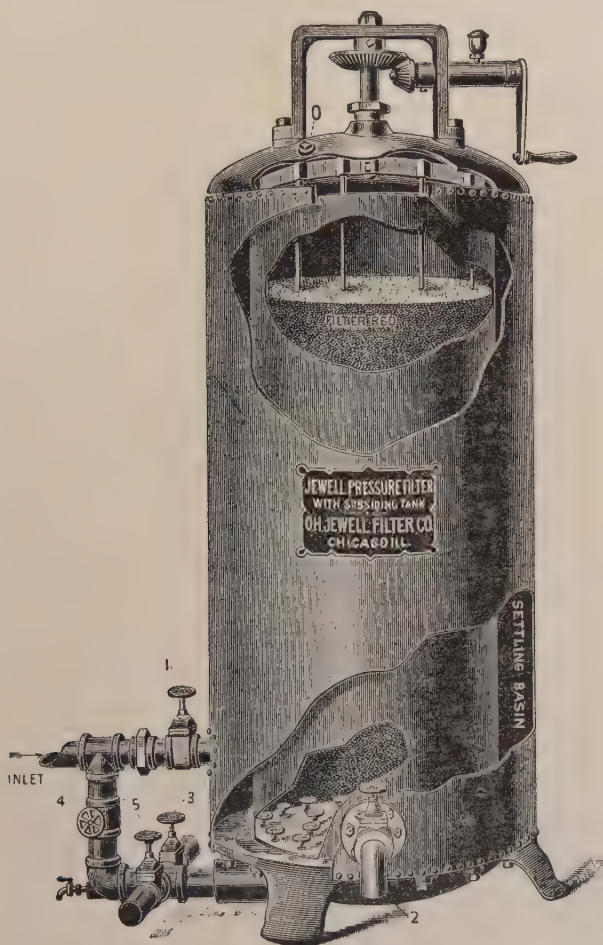


FIG. 5.

Filtre « Jewell » (Pressure).

Petit modèle avec bassin de décantation.

sont destinés qu'à un hôtel, une école, une caserne, etc., en un mot à une petite agglomération.

Le sable que l'on emploie dans ces filtres est du sable très fin, mais autant que possible du sable à grains irréguliers et polyédriques et non du sable à

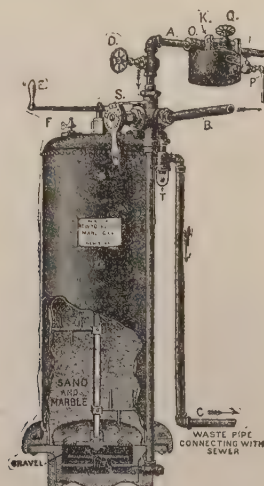


FIG. 6.

Filtre « New-York » (Pressure).

Petit modèle.

grains roulés qui glisseraient trop facilement les uns sur les autres, et se colmatent moins bien que ceux présentant des aspérités qui font s'accrocher les uns aux autres les grains de sable.

Dans le filtre type que nous avons décrit, la hauteur du sable est d'environ 1 m. 80.

CHAPITRE III

Fonctionnement du filtre.

Dans la description du fonctionnement du filtre américain, nous prendrons l'eau à son entrée dans l'appareil, nous réservant de décrire l'aspect général d'une installation complète, depuis la prise initiale de l'eau jusqu'à sa sortie des réservoirs contenant l'eau filtrée.

Lorsque l'appareil est en marche, les robinets 1, 5 sont ouverts, et les robinets 2, 3, 4 et 6 sont fermés.

L'eau à purifier entre par la vanne n° 1. Celle-ci est située à une très faible distance au-dessus du fond. L'eau entrant par cette vanne a été préalablement additionnée de la substance précipitante (si l'on en fait usage).

Après avoir franchi la vanne n° 1, elle pénètre dans le bassin de décantation; elle commence à se décantier par précipitation des matières en suspension par la substance coagulante. Le dépôt se fait régulièrement sur toute la surface du bassin et assez rapidement, l'eau étant à peu près tranquille, par suite de son mode de pénétration dans le bassin de décantation.

L'eau voit son niveau augmenter peu à peu; lorsque le bassin de décantation est plein, elle s'introduit dans le tuyau central qui débouche un peu au-dessus du lit de sable sur lequel elle se répand.

Grâce au régulateur dont nous avons déjà parlé, l'eau se maintient à un niveau fixe au-dessus de la couche sableuse; ce niveau est fixé à environ deux pieds au-dessus du sable et, ceci, pour que l'eau se répande doucement sur le sable et n'y produise ni fissure, ni crevasse.

Par suite de la pesanteur, l'eau pénètre peu à peu le sable, et finit par arriver à la surface inférieure de la couche filtrante. Elle est alors recueillie par le système de tuyaux que nous avons signalés précédemment et elle s'échappe par la vanne n° 5. Celle-ci débouche à la partie presque inférieure du bassin de décantation, le tuyau qui amène l'eau filtrée ayant traversé ce bassin dans toute sa hauteur et tout son diamètre.

Cette vanne est munie d'un appareil spécial désigné par les fabricants sous le nom de « *controller* », qui règle automatiquement le débit du filtre et permet de faire varier ce débit selon les besoins. A la sortie de ce *controller*, l'eau filtrée est conduite dans un réservoir d'où, à l'aide de machines élévatoires, elle est distribuée dans la ville.

La filtration, on le voit, est tout ce qu'il y a de simple et ne nécessite pas, pour être conduite, de connaissances spéciales.

Le filtre ayant fonctionné un certain temps (l'expérience a démontré que vingt-quatre heures étaient

une durée suffisante), s'encrasse et il faut alors procéder à son *nettoyage*.

Pendant le lavage, les vannes 4 et 6 sont ouvertes et les vannes 1, 2, 3 et 5 sont fermées.

Pour laver le filtre, toutes les vannes ayant été préalablement fermées, ouvrir largement la vanne 6. Cette vanne fait communiquer l'espace annulaire avec l'extérieur, elle est située à la partie toute inférieure de cet espace. Ceci permet à l'eau contenue au-dessus de la cuve intérieure et de l'espace annulaire d'être rejetée au dehors. Ouvrir alors la vanne 4 d'abord lentement pour permettre seulement l'entrée d'eau suffisante pour que l'appareil agitateur puisse tourner facilement. Ceci se produit généralement lorsque l'eau commence à déborder au-dessus du lit de sable et à se répandre dans l'espace annulaire.

L'eau employée pour cette opération est généralement de l'eau filtrée.

Pendant que l'eau pénètre le lit filtrant, on met en marche l'appareil agitateur; les dents du râteau pénètrent dans le sable, l'agitent, le brassent, et permettent à l'eau qui circule de la profondeur à la surface, d'emporter, dans l'espace annulaire, les particules de boues fixées sur le sable. De là, elles sont entraînées par la valve 6.

Cinq à dix minutes seulement sont nécessaires pour faire un nettoyage suffisant du lit filtrant.

Le lavage est généralement considéré comme complet lorsque l'eau, sortant par la valve 6, n'est pas plus chargée que l'eau à purifier.

On n'a aucun avantage à continuer le lavage lorsque l'eau sort claire ou légèrement colorée.

Quand le lit filtrant est suffisamment propre, il faut renverser la marche de l'appareil agitateur (pendant ce temps, on laisse encore couler l'eau de lavage); cette marche en arrière a pour but de faire sortir du sable les dents du râteau qui viennent reposer sur la surface du lit filtrant. Fermer la vanne 4, arrêter l'agitateur et, enfin, fermer la vanne, 6.

Lorsqu'on se sert d'eau non filtrée pour laver le filtre, on exécute, le lavage une fois terminé, une autre opération connue sous le nom de relavage. Cette opération se fait de la façon suivante : ouvrir la vanne 1, laisser pénétrer l'eau à filtrer dans le bassin de décantation et, lorsque celui-ci est presque plein, ouvrir la vanne 3 par laquelle arrive de l'eau filtrée qui, par le tuyau central, arrive sur le filtre et, en traversant le sable, lave celui-ci et entraîne l'eau de lavage qui aurait pu y rester. Le relavage a, en somme, pour but de purifier le sable qui n'a pas été lavé avec de l'eau filtrée, ce qui peut arriver lorsque la consommation a dépassé les prévisions.

La mise en marche se fait en fermant la valve 3 et en ouvrant la valve 5.

Comme nous le verrons plus loin, on ne se sert pas de l'eau filtrée pendant la première demi-heure qui suit la mise en marche; aussi, à sa sortie du *controller*, elle est rejetée au dehors au lieu de se rendre dans les réservoirs.

Un nettoyage partiel se fait également quelques fois : quand l'eau est très chargée en matières qui se

déposent (boues, matières organiques, etc), sur le filtre, parce qu'elles étaient en trop grande quantité pour se déposer dans les bassins de décantation. Dans ce cas, on fait un nettoyage partiel, consistant en un simple brassage artificiel de la couche supérieure du lit filtrant. Ce brassage s'effectue en faisant tourner, pendant un demi-tour environ, l'appareil agitateur, et ceci dans son mouvement arrière.

Il suffit alors de fermer, avant de le faire fonctionner, la valve 5 que l'on peut ouvrir de nouveau aussitôt l'agitateur au repos.

Dans les cas signalés ci-dessus, et même dans les cas ordinaires, on pourra, avec avantage, faire ce nettoyage partiel deux ou trois fois dans l'intervalle des lavages.

Avant d'en terminer avec le fonctionnement du filtre américain, nous devons encore dire un mot sur le nettoyage du bassin de décantation.

Cette opération, afin de ne pas perdre de temps, se fait en même temps que le nettoyage de la couche filtrante et la même eau de lavage peut être employée.

L'opération se fait automatiquement et a des résultats excellents.

Pour conduire ces deux opérations simultanément, la vanne 2 (au lieu de la vanne 6), est ouverte toute grande, et, sauf cette différence, l'opération s'effectue de la façon décrite plus haut.

La vanne 6 étant fermée, l'eau sale, au lieu de déborder la cuve intérieure, de tomber dans l'espace annulaire et de s'échapper par la vanne 6, est obligée

de s'élever de quelques pouces et, s'engouffrant dans le tuyau central, elle tombe avec violence dans le bassin de décantation. Le tuyau d'arrivée dans ce bassin est terminé par un coude relié au système agitateur, ce qui fait qu'il tourne avec lui. L'eau est ainsi projetée sur tout le pourtour de la paroi intérieure du bassin de décantation avec une telle violence que toutes les matières déposées sont entraînées hors du bassin par la vanne 2.

CHAPITRE IV

Résultats obtenus avec le filtre américain.

Nous aurions pu, dans le chapitre précédent consacré au fonctionnement du filtre américain, étudier l'action et l'emploi du sulfate d'alumine dans les bassins de décantation. Nous avons préféré remettre toute cette étude au début de ce chapitre, car il est bien difficile de séparer l'emploi du sulfate d'alumine, des résultats obtenus. Des expériences très concluantes ont été faites à ce sujet par Bitter. L'eau qu'il a eue à soumettre à l'action du sulfate d'alumine dans les bassins de décantation a été celle du canal Mahmoudieh : c'est une eau infecte qui contient en suspension une très grande quantité d'argile en particules très fines et qui encrasse facilement les filtres.

A la suite de nombreux tâtonnements, Bitter est arrivé à calculer qu'il fallait 22 gr. de sulfate d'alumine par mètre cube et un contact de six heures de cette substance avec l'eau dans les bassins de décantation.

Cette substance agit de la façon suivante :

Le sulfate d'alumine est décomposé par le bicarbonate de chaux qui est contenu dans l'eau : il se forme alors de l'hydrate d'alumine insoluble dans l'eau. Ce

nouveau produit se précipite dans l'eau sous forme de gros flocons. Ceux-ci englobent l'argile et l'entraînent dans sa plus grande partie dans le fond du bassin de décantation. Le peu d'argile qui reste et le reste des flocons qui la contient forme une couche filtrante sur la surface et dans les couches supérieures du filtre: cette couche est excellente pour retenir les éléments corpusculaires les plus fins.

Au point de vue des résultats obtenus avec le sulfate d'alumine, ces résultats doivent être envisagés à différents points de vue. Tout d'abord au point de vue de la constitution chimique de l'eau, l'acide sulfurique provenant de la décomposition du sulfate d'alumine se combine avec la chaux quand elle existe, forme du sulfate de chaux ce qui n'a comme inconvénient que d'augmenter un peu la dureté de l'eau. En tous cas aucun mauvais goût, aucune substance nuisible à la santé ne se trouve ajoutée à l'eau.

Quant à la clarté, elle est on peut dire parfaite au bout de quelques minutes.

A propos des bons résultats obtenus en ce qui concerne la clarification des eaux, nous croyons ne pouvoir mieux faire que citer textuellement l'opinion de Edmond B. Weston, ingénieur, qui s'exprime en ces termes : « L'eau brute de Norfolk est très difficile à
« purifier. Par moments il y a de subits changements
« dans sa couleur et son caractère. Elle est toujours
« très colorée par suite de la présence de matières
« organiques.

« L'eau n'est par elle-même qu'exceptionnellement
« polluée, aussi l'installation de filtre a surtout

« pour but de la clarifier ce qui se fait parfaitement
« avec les appareils et le sulfate d'alumine employé. »

En troisième lieu, les microbes eux-mêmes subissent une certaine réduction et sont entraînés mécaniquement par les flocons d'hydrate d'alumine qui tombent dans les bassins de décantation.

Nous réunissons quelques chiffres empruntés à Bitter qui montrent bien que déjà le seul procédé chimique peut purifier l'eau jusqu'à un certain point.

Date.	Heure.	Microbes dans l'eau brute.	Microbes dans l'eau décantée.
15 nov.	12 h. 10 ap. m.	11250	362
17 nov.	11 h. 17 av. m.	2400	362
2 déc.	9 h. 45 av. m.	2432	448
2 déc.	5 h. 37 ap. m.	2944	512

Le sulfate d'alumine a une triple action ; il débarrasse, à peu près totalement l'eau de l'argile et des matières en suspension qu'elle peut contenir. Il la clarifie à peu près totalement et cette clarification est achevée par la filtration proprement dite. Enfin une réduction microbienne assez considérable se produit déjà.

Avant d'indiquer les résultats bactériologiques, il est bon de préciser un peu l'indicateur de la rétention des microbes. A la suite de Koch, depuis 1893, on admet généralement qu'un filtre pour être suffisant ne doit pas laisser subsister après la filtration plus de 100 germes vivants (par centimètre cube) quel que soit le nombre de ceux-ci dans l'eau brute. Il est facile de comprendre que l'examen de l'eau filtrée, en ne tenant compte que du nombre des microbes à la sortie du filtre, ne peut suffire à donner une idée exacte de

la valeur d'un filtre: en effet, on ne se rend pas compte en procédant ainsi d'où proviennent les microbes existant dans l'eau filtrée: viennent-ils de l'eau mise dans le filtre? Proviennent-ils, au contraire, des couches inférieures du filtre desquelles ils ont été arrachés par l'eau qui les traverse? Ce problème est évidemment d'une importance capitale, il était indispensable d'arriver à le résoudre, ce furent Frankel et Piefke, en 1890, et plus tard Piefke seul qui arrivèrent à une solution.

Leur méthode est basée sur l'introduction dans l'eau brute d'une quantité connue par centimètre d'un microbe facilement reconnaissable par ses caractères spécifiques. Ces microbes comptés à la sortie indiquent la réduction.

Sans vouloir entrer dans le détail des expériences de Frankel et Piefke, nous allons rapidement énoncer les conclusions auxquelles ils sont arrivés, nous les comparerons rapidement à celles auxquelles d'autres auteurs sont arrivés en expérimentant sur le filtre américain, les expériences de Frankel et Piefke ayant porté sur les filtres à sable ordinaire.

Fonctionnant dans les meilleures conditions possibles, les filtres, d'après ces auteurs, ne peuvent, quand ils fonctionnent à une vitesse de 100 millimètres à l'heure, produire une réduction supérieure à $1/3000$. Dès que la vitesse de filtration était augmentée, les résultats étaient beaucoup moins encourageants: si, au contraire, la vitesse était diminuée au-dessous de 100 millimètres à l'heure, les résultats

devenaient meilleurs, mais jamais il n'y avait de réduction complète.

En aucun cas, cependant, d'après Piefke, on ne devait dépasser la vitesse de 100 millimètres à l'heure, si on voulait obtenir de bons résultats.

RÉSULTATS BACTÉRIOLOGIQUES OBTENUS AVEC LE FILTRE AMÉRICAIN

Les expériences faites sur le filtre américain l'ont été par plusieurs auteurs. Nous commencerons par celle que le Dr Bitter, directeur de l'Institut d'hygiène du gouvernement égyptien, relate dans un rapport sur l'efficacité du filtre américain.

Cet auteur, suivant la méthode de Frankel et Piefke a mélangé à l'eau brute un microbe facilement reconnaissable ; le microbe choisi a été le *Micrococcus prodigiosus* pour plusieurs raisons : 1° il n'existait pas dans l'eau du Mahmoudieh ; 2° il était possible de le cultiver en grande quantité et, 3°, enfin, il était absolument inoffensif pour la santé au cas où il serait passé dans l'eau filtrée et distribuée.

La vitesse de filtration a été pendant la durée des expériences de 4000 à 5000 millimètres à l'heure (40 à 50 fois plus rapide que dans les filtres ordinaires).

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. — Le filtre était en marche depuis deux heures et demie, la couche filtrante était par conséquent bien formée. On verse sur le filtre une culture de *prodigiosus* de sorte que l'eau située au-

dessus de la couche filtrante contient par centimètre cube plus de 100.000 microbes.

Vingt-cinq minutes après la contamination du filtre, un échantillon de l'eau filtrée est prélevé et les microbes sont numérés : on ne trouve plus que deux germes de *M. prodigiosus* dans un centimètre cube. Or, quinze minutes avant la prise des échantillons d'eau filtrée, l'eau brute située au-dessus du filtre contenait environ 50.000 germes de *M. prodigiosus* : l'eau met environ 10 à 15 minutes pour traverser le filtre, l'eau filtrée recueillie est par conséquent celle qui contenait 50,000 germes, elle n'en contient plus que deux, la réduction est de 50,000 : 2 ou de 25,000 : 1 ; autrement dit un seul microbe sur 25,000 a traversé le filtre.

Qu'étaient devenus tous ces germes ?

Ils étaient retenus ou à la surface du filtre ou dans ses couches supérieures. Ceci fut facilement démontré par le lavage du filtre. En effet, la première eau de lavage contenait 20,000 germes de *M. prodigiosus* par centimètre cube, la dernière, 60.

Cette expérience démontre :

1° Que, malgré la grande vitesse de filtration et la haute pression sous laquelle le filtre fonctionnait, la proportion de réduction des bactéries était beaucoup supérieure au chiffre obtenu par Piefke pour les filtres à sable ordinaires les mieux aménagés.

2° Que le lavage a un excellent effet en ce qui concerne l'enlèvement des microbes qui se trouvent retenus dans les couches supérieures du filtre.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE. — L'expérience précédente donne les résultats obtenus lorsque la couche filtrante est bien formée et que le colmatage du filtre est un fait accompli ; il était indispensable de voir la façon dont il se comportait immédiatement après le lavage de manière à pouvoir se rendre compte de la rapidité avec laquelle se forme la couche filtrante et savoir d'une façon sûre au bout de combien de temps la réduction était suffisante pour pouvoir ouvrir le filtre et laisser passer l'eau filtrée dans la circulation.

Aussitôt après la fin du lavage on ouvre le filtre, l'eau qui en sort est légèrement trouble, le maximum de trouble ne se produisant que 10 à 12 minutes après l'ouverture. Ceci, surprenant à première vue, s'explique très facilement de la façon suivante.

On sait qu'il faut une dizaine de minutes pour que l'eau puisse traverser le filtre. Or, la première eau qui sort immédiatement après l'ouverture du filtre est simplement de l'eau filtrée qui est entrée par le bas du filtre et qui est restée en bas jusqu'à la mise en marche ; une dizaine de minutes plus tard, l'eau située à la surface du filtre, qui a été mélangée au sable par l'appareil agitateur, sortira et, ceci se conçoit aisément, sortira trouble.

Nous ne saurions mieux faire, pour donner une idée de la rapidité de la formation de la couche filtrante et du colmatage, que de reproduire un tableau emprunté au professeur Bitter.

DATE	HEURES	Chiffre total de <i>prodigiosus</i> dans l'eau décantée	Eau de lavage <i>prodigiosus</i>	Chiffre total de bactéries dans l'eau filtrée	<i>Prodigiosus</i> dans l'eau filtrée	OBSERVATIONS
18 nov,	10 h. 1'	»	46,000	»	»	Commencement du lavage.
—	10 h. 5'	»	1,280	»	»	
—	10 h. 12'	»	640	»	»	Fin du lavage.
—	10 h. 27'	1,800	»	»	»	Réouverture du filtre.
—	10 h. 28'	»	»	2,480	0	
—	10 h. 31'	»	»	1,220	1	
	10 h. 36'	»	»	704	2*	*Plus mauvaise réduction.
—	10 h. 50'	»	»	384	+0	+ réduction = > 1 : 1800.
—	10 h. 54'	»	»	180	+0	
—	10 h. 59'	»	»	126	+0	32 minutes après la réouverture du filtre.

Ce tableau se passe de commentaires : insister serait fastidieux; il est évident, par les chiffres ci-dessus, que la couche filtrante se forme très rapidement : 38 minutes après la fin du lavage, le *M. prodigiosus* n'est plus présent dans l'eau filtrée.

Cette expérience démontre que *quarante minutes après le lavage, l'eau a subi une réduction complète des microbes qu'elle contenait et ceci malgré sa grande vitesse de filtration.*

Il reste maintenant à expliquer comment il se fait qu'avec une réduction aussi parfaite, on trouve encore un certain nombre de microbes dans l'eau filtrée. Ces microbes, en prenant la moyenne des expériences faites par Bitter, ont été d'environ 40 à 50 par centimètre cube dans l'eau filtrée.

L'eau brute du canal contenait en moyenne 2000 microbes, et, après avoir passé par les bassins de

décantation, elle n'en contenait plus qu'une moyenne de 400 à 600.

Evidemment avec la réduction que nous avons vue se produire dans les filtres, nous ne pouvons admettre que les microbes qui existent encore à la sortie du filtre aient passé directement de l'eau à filtrer dans l'eau filtrée. Si cette hypothèse était admise, il faudrait supposer que la réduction n'est que de $1/10^e$ ou $1/15^e$, ce qui est absolument en contradiction avec les expériences qui ont été faites avec le *Micrococcus prodigiosus*.

Une autre raison qui doit encore nous faire rejeter la possibilité pour les microbes trouvés dans les eaux filtrées de provenir des eaux à filtrer est basée sur le résultat d'analyses bactériologiques faites par Bitter. Ces analyses ont montré que les microbes trouvés dans l'eau filtrée n'appartiennent en général qu'à deux ou trois espèces : espèces aquatiques différentes de celles existant dans l'eau brute et poussant sur les grains de sable, en formant une couche gluante qui agglutine les grains de sable les uns avec les autres.

Puisque les microbes trouvés dans l'eau filtrée ne proviennent pas de l'eau à filtrer, il faut nécessairement admettre que ce sont des microbes qui se multiplient dans les couches inférieures du sable : microbes qui s'y trouvent soit parce que la stérilisation du sable n'aurait pas été parfaite, soit que après une stérilisation même bonne, l'eau aurait déposé dans les couches inférieures du filtre des microbes aquatiques de petites dimensions, qui auront pu se glisser entre

les grains de sable, tandis que des microbes pathogènes (surtout Eberth ou vibrion cholérique) n'auraient pu arriver jusqu'aux couches profondes par suite de leurs dimensions trop considérables.

Ces microbes qui agglutinent les grains de sable sont d'ailleurs un des rouages essentiels du mécanisme de filtration, ce sont eux qui en réunissant les grains de sable entre eux forment des interstices suffisamment petits pour que les microbes pathogènes ne puissent passer. Nous n'exposerons pas ici la théorie de ce mode de filtration; qu'il nous suffise de dire que ce fait fut démontré d'une façon indiscutable par Piefke.

Les microbes entraînés des grains de sable, arrachés de ceux-ci, sont en moyenne de 40 à 50 par cc. Si cette proportion vient à varier, elle peut servir d'indication en ce qui concerne le bon fonctionnement du filtre.

Il est facile de comprendre que si une cause quelconque vient à produire une fissure, les microbes passeront en beaucoup plus grand nombre et on pourrait, en les comptant, se rendre compte du bon ou du mauvais fonctionnement du filtre.

Tant que le filtre fonctionne régulièrement, le nombre de microbes arrachés aux grains de sable est à peu près constant; si, au contraire, une cause quelconque vient à déranger le système, le nombre de microbes augmente et on doit immédiatement rechercher la cause de ce fait.

Bitter cite le cas, ou un visiteur, ayant accidentellement introduit sa canne dans le sable du filtre,

on vit augmenter brusquement le nombre de microbes de 63 à 304.

En résumé, d'après Bitter, au point de vue bactériologique, le filtre américain se comporte d'une excellente façon puisque la réduction est en moyenne de 1/1000^e à la fin de la première heure, et que les bactéries aquatiques qui subsistent ne dépassent pas 50 par centimètre cube.

CHAPITRE V

Le filtre américain dans la pratique.

(MODÈLES D'INSTALLATIONS)

Nous avons démontré dans les chapitres précédents que le filtre du système américain donnait d'excellents résultats à un triple point de vue :

Clarification excellente des eaux ;

Purification bactériologique presque absolue ;

Rapidité de filtration très considérable (40 à 50 fois plus grande que dans les autres filtres à sable).

Jusqu'à présent nous nous sommes borné à étudier le filtre américain à un point de vue purement théorique et expérimental. Il nous reste un dernier point à envisager : c'est la façon dont il est installé dans les différentes agglomérations qui l'ont adopté et la façon dont il se comporte.

Un des reproches que l'on a fait (voir page 8) au filtre adopté à Hambourg est son prix de revient trop élevé quand il s'agit de petites agglomérations, non seulement au point de vue de l'installation du filtre lui-même, mais également en ce qui concerne le personnel nécessaire, soit à son fonctionnement, soit à surveiller les résultats qu'il donne. Il faudra toujours un personnel assez nombreux.

Le filtre américain, au contraire, nous l'avons déjà dit, est d'un fonctionnement extrêmement simple et ne nécessite qu'un personnel très réduit.

En outre, son prix de revient n'est pas plus élevé que celui du filtre de Hambourg, qu'il s'agisse de petites ou de grandes agglomérations.

Nous ne devons par conséquent pas être étonnés de voir de l'autre côté de l'Atlantique un grand nombre (196) de villes l'avoir adopté.

Nous en donnons ci-joint la liste.

**Liste des installations municipales des filtres du type
dit « Américain », adoptés par 196 villes.**

Consommation journalière totale au 1^{er} janvier 1903 :
480,663,000 gallons (1).

NOTA. — Trente-neuf villes ont augmenté leur installation primitive. Le nombre des astérisques indique le nombre des augmentations de l'installation.

	ALABAMA	Débit journalier en gallons.
Eufaula.....		500,000
* Gadsden.....		1,500,000
Tuscaloosa.....		1,000,000
	ARKANSAS	
*** Little Roch.....		5,500,000
	CALIFORNIE	
* Oakland.....		7,000,000
Porterville.....		100,000
Riverside.....		100 000
U. S. Gov ^t , Presido, San Francisco.....		1,000,000
	CONNECTICUT	
* Greenwich.....		1,600,000

(1) Le gallon vaut environ 4 litres 1/2.

	Débit journalier en gallons.
GEORGIE	
* Atlanta.....	6,000,000
Atheus.....	1,200,000
Augusta.....	6,000,000
Eatonton.....	380,000
*** Macon.....	4,000,000
Milledgeville.....	500,000
Rome.....	1,500,000
Westpoint.....	500,000
ILLINOIS	
Alton.....	3,000,000
* Cairo.....	3,800,000
Danville.....	3,000,000
Decatur.....	3,000,000
East Saint-Louis.....	11,000,000
** Elgin.....	2,500,000
Freeport.....	2,000,000
Lake Forel.....	1,000,000
Moline.....	4,000,000
Pontiac.....	1,500,000
* Quincy.....	4,000,000
Rogers Park.....	500,000
INDIANA	
Muncie.....	4,000,000
*** Terre-Haute.....	9,000,000
Vincennes.....	2,000,000
Warsaw.....	500,000
IOWA	
Burlington.....	3,500,000
Cedar Rapids.....	2,500,000
* Clinton.....	1,000,000
* Creston.....	1,000,000
Davenport.....	7,000,000
Keokuck.....	3,500,000
Mt Pleasant.....	500,000
** Oscaloosa.....	1,250,000
Ottumwa.....	2,000,000
*** Waterloo.....	1,500,000

	Débit journalier en gallons.
KANSAS	
Caldiwell.....	500,000
Council Grove.....	250,000
Kansas City.....	6,500,000
Oswego.....	500,000
Paola.....	200,000
Winfield.....	1,000,000
KENTUCKY	
Danville.....	500 000
Hopkinsville.....	500 000
* Lexington.....	3,500,000
* Winchester.....	1,500,000
LOUISIANNE	
Shreveport.....	1,000,000
MAINE	
Augusta.....	300,000
Bangor.....	5,000,000
* Biddeford.....	3,250,000
Calais.....	1,000,000
Mechanics Falls.....	500,000
North Berwicck.....	250,000
Rumford Falls.....	350,000
Veazie.....	750,000
MASSACHUSETTS	
Athol.....	1,000,000
Reading.....	1,000,000
MARYLAND	
Catonsville.....	250,000
Sparrows Point.....	300,000
MICHIGAN	
Adrian.....	1,750,000
Mt. Clémens.....	750,000
MINNESOTA	
Brainerd.....	500,000
Mc Kinley.....	28,000
MISSISSIPI	
Columbus.....	1,000,000
Vicksburg.....	3,000,000 "

MISSOURI		Débit journalier en gallons.
Carthage		2,000,000
* Olden		200,000
Lamar		250,000
** Louisiana		1,300,000
Rich Hill		200,000
* St Joseph		11,000,000

NEW-HAMPSHIRE		
Exeter		100,000

NEW-JERSEY		
Atlantic Highlands		500,000
Asbury Park		2,000,000
Bordentown		500,000
Hightstown		250,000
Keyport		500,000
Lahewood		500,000
Little Falls		32,000,000
* Long Branch		3,000,000
Mt. Holly		1,500,000
Red Bank		12,000,000
** Somerville		2,000,000

NEW-YORK		
Attica		300,000
Elmira		6,000,000
Green Island		1,000,000
Hornellswille		2,500,000
* Kingstown		6,000,000
Middletown		3,000,000
Niagara Falls		3,000,000
* Owego		750,000
Rensselaer		3,000,000
Richfield Springs		300,000
Stamford		200,000
Valatie		150,000
Watervliet Arsenal		300,000

NORTH CAROLINA		Débit journalier en gallons.
Asheville.....		1,000,000
Biltmore.....		500,000
Charlotte.....		1,500,000
* Durham.....		2,000 000
Gostonia.....		350,000
Goldsboro.....		500,000
Henderson.....		350,000
** Raleigh.....		2,000,000
Rocky Mount.....		350,000
* Salisbury.....		500,000
Winston.....		500,000
OHIO		
Bucyrus.....		500,000
Conneaut.....		1,000,000
Dennison.....		2,000,000
Elyria.....		2,000,000
Geneva.....		750,000
Lorain.....		4,000,000
Newark.....		2,000,000
Warren.....		1,500,000
OREGON		
Oregon City.....		1,000,000
PENSYLVANIE		
Arnot.....		125,000
Berroge.....		750,000
* Beaver Falls.....		3,500,000
Carlisle.....		1,500 000
Canton.....		500,000
Connellsville.....		1,500,000
Clarion.....		500,000
* Danville.....		1,000,000
Gettysburg.....		250,000
** Holmesburg.....		2,000,000
New-Bethlehem.....		100,000
New-Brighton.....		500,000
Norriston.....		4,000,000
New-Castle.....		4,000,000

	Débit journalier en gallons.
Overbrook	250,000
Pickering Creek.....	750 000
Royersford.....	700 000
Charon.....	1,500,000
* Vandergrift.....	3,000,000
West Reading.....	250,000
York	4,000,000
RHODE ISLAND	
* East Providence.....	1,000,000
Westerly	1,500,000
SOUTH CAROLINA	
Camden	350,000
Charleston.....	5,000,000
Chester.....	300 000
Columbia.....	2,000,000
Union	500,000
TENNESSEE	
** Chattanooga.....	9,000,000
Clarksville.....	2,000,000
* Knoxville.....	4,500,000
TEXAS	
Greenville	500,000
La Grange.....	150,000
VIRGINIA	
Fort Myer	250,000
* Norfolk.....	8,000,000
Petersburg	1,500,000
WEST VIRGINIA	
Benwood.....	500,000
Fairmont	1,000,000
Huntington.....	2,000,000
* Morgantown.....	1,000,000
WISCONSIN	
Merrill	1,000,000
Marinette.....	3,000,000
** Oshkosh.....	2,000,000
Stevens Point.....	500,000

	Débit journalier en gallons.
MANITOBA, CANADA	
Brandon.....	1,000,000
Winnipeg.....	1,000,000
ONTARIO, CANADA	
Chatham.....	1,000,000
Deseronto	300,000
Dunville.....	300,000
Renfrew.....	300,000
Smiths Falls.....	300,000
* Saint-Thomas.....	2,000,000
Thurso.....	60,000
QUÉBEC, CANADA	
Buckingham	1,500,000
Fraserville.....	250,000
Longueuil.....	300,000
Saint-Hyacinthe.....	1,000,000
MEXIQUE	
Chihuahua.....	1,750,000
U. S. OF COLUMBIA	
Bogota.....	1,000,000
AUSTRALIE	
Broken Hill, New South Wales.....	1,500,000
AUTRICHE	
Trieste	4,000,000
ANGLETERRE	
* York	6,000,000
Wolverhampton.....	1,000,000
HOLLANDE	
Ysselmonde.....	300,000
INDE	
Kolar Gold Fields, Mysore.....	2,500,000
NORVÈGE	
Christiania	200,000
PÉROU	
Piura.....	60,000

	Débit journalier en gallons.
RUSSIE	
Moscou.....	700,000
Nijni-Novgorod.....	350,000
Tzaritzin.....	700,000
Vladimir.....	300 000
Saint-Pétersbourg.....	150,000
SIBÉRIE	
Tobolsk.....	200,000

La lecture de cette liste montre que le débit de ces filtres varie journellement de 28,000 à 30,000 gallons.

Bien plus, il existe des modèles, nous les avons signalés dans le chapitre II, qui peuvent s'appliquer non pas à une ville même petite, mais à une agglomération beaucoup plus petite: lycée, hôtel, maison contenant plusieurs familles.

Ces modèles sont construits de telle sorte que leur numéro le plus faible ne débite que 3,000 gallons par jour, c'est-à-dire 13 mètres cubes et demi.

Dans ce cas, nous avons le stérilisateur idéal de l'agglomération réduite à son minimum. Moins parfaite évidemment que l'ébullition, la stérilisation produite par ce filtre ne le cède en rien à celle réalisée par la série interminable des filtres et appareils plus ou moins compliqués que l'on a voulu employer dans les familles, mais qui par suite de leur nature même ne peuvent donner de bons résultats que dans les laboratoires.

Avant de terminer cette étude, et d'arriver aux conclusions qui en découlent, nous allons décrire une des installations les plus récentes exécutées dans une grande ville d'Autriche; Trieste,

L'usine de filtration est située à 11 kilomètres environ de Trieste sur une pente escarpée qui fait face à la mer. L'emplacement nécessaire a été nivelé à la mine. L'établissement, qui domine la mer d'une

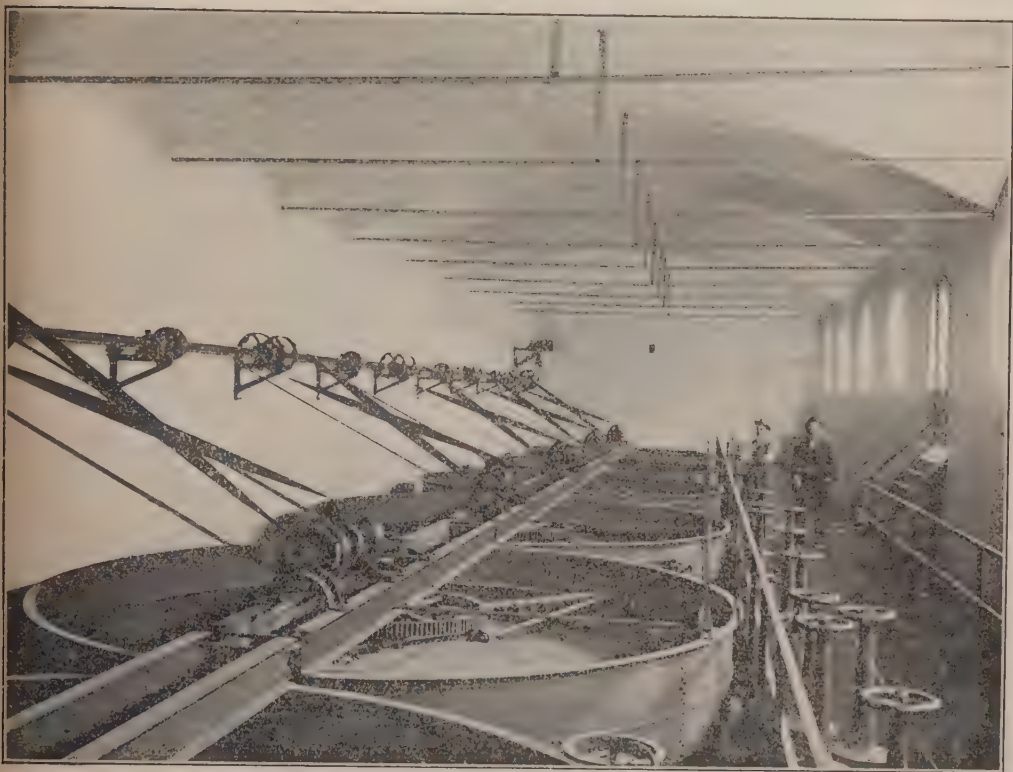


FIG. 7.

Intérieur de la salle des filtres.

altitude de près de 142 mètres, comprend comme parties principales : trois bassins de décantation d'une contenance totale de 1,800 mètres cubes ; le bâtiment des filtres (fig. 7), renfermant six filtres à pesanteur

en acier modèle Jewell, type bas, chaque filtre pourvu d'une couche filtrante de 5 m. 18 de diamètre ; le réservoir d'eau filtrée, établi sous le bâtiment des filtres, avec une capacité de 1,390 mètres cubes ; l'atelier des moteurs et des pompes ; enfin l'appareil de coagulation par pesanteur, employant comme coagulant le sulfate d'alumine. Le débit de chacun des filtres est maintenu constant au moyen d'un régulateur Weston à écoulement automatique.

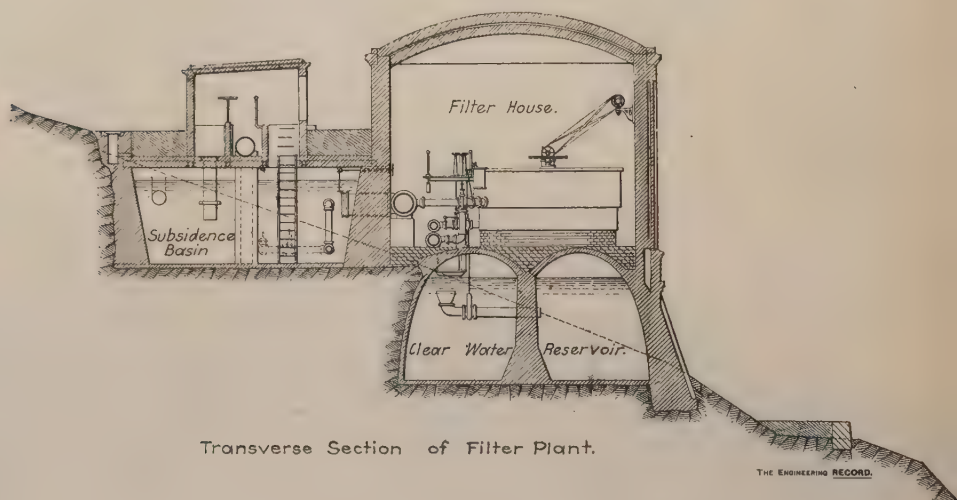


FIG. 8.

Coupe des bassins de décantation de la salle des filtres
et du réservoir d'eau filtrée.

L'eau brute est pompée et refoulée de l'usine de pompage dans les bassins de décantation ; le coagulant y est introduit par pesanteur immédiatement avant l'arrivée aux bassins. En quittant les bassins de décantation l'eau brute entre dans la conduite de

768 millimètres de diamètre qui alimente les filtres placés dans le bâtiment contigu, et pénètre enfin dans les filtres mêmes. Au sortir des filtres, elle est déversée dans le réservoir d'eau filtrée établi en dessous, d'où une conduite de 512 millimètres l'amène, par simple pesanteur, aux deux réservoirs de distribution précédemment décrits (fig. 8).

Le débit normal de l'usine est d'environ 15,000 mètres cubes par 24 heures, le filtrage se produisant à raison de 1,200,000 mètres cubes par hectare de surface de filtre et par vingt-quatre heures. Les caisses des filtres sont du type Jewell à pesanteur, modèle bas; elles sont tout en acier; chacune des couches de filtrage contient une quarantaine de tonnes de sable, importé des États-Unis: celui qui donne les meilleurs résultats est en grains de 1/2 millimètre. Le lavage s'opère au moyen d'une pompe centrifuge débitant environ 7,600 litres par minute et actionnée, ainsi que l'agitateur qui opère le brassage de la couche filtrante pendant le lavage, au moyen de deux moteurs Otto à benzine de 30 chevaux de force chacun. Il existe un troisième moteur et une seconde pompe centrifuge, à titre de matériel de réserve pour le cas d'accident. Enfin un petit moteur Otto de six chevaux actionne les appareils électriques qui éclairent les divers bâtiments. Le niveau de l'eau dans les bassins de décantation comme dans le réservoir d'eau filtrée, est constamment indiqué par des flotteurs commandant des transmissions électriques. Le sulfate d'alumine servant à coaguler est brassé au moyen d'un compresseur d'air.

L'usine de pompage qui prend les eaux au bassin de captage où elles se sont réunies, pour les élever jusqu'à l'usine de filtrage, contient quatre pompes horizontales à double effet, dont chacune peut débiter 9,000 mètres cubes par jour, élevés à la hauteur requise, soit environ 147 mètres. La vue (fig. 9) par laquelle nous terminons cette description représente l'extérieur de la salle des filtres.



FIG. 9.

Vue extérieure de la salle des filtres.

Enfin nous terminerons cette étude en reproduisant une vue générale d'une usine de filtration située à Providence (États-Unis) (fig. 10).

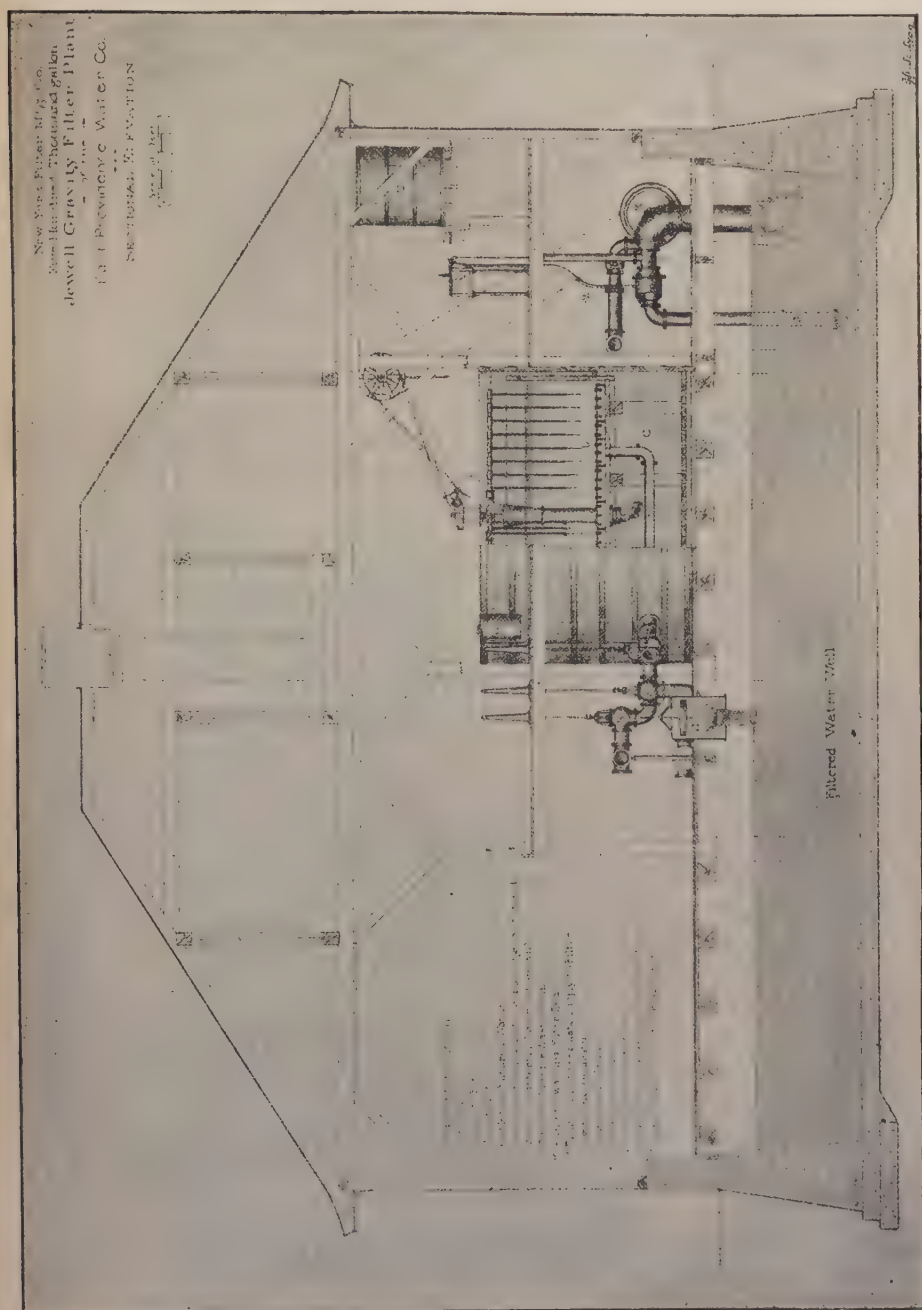


FIG. 10. — Vue en coupe de l'usine à filtration de Providence (États-Unis).

CONCLUSIONS

- I. Il est de toute nécessité de soumettre à une épuration *artificielle* les eaux destinées à l'alimentation ; les eaux dites *naturelles* n'étant que trop souvent dangereuses.
- II. Parmi les nombreux moyens d'épuration qui existent, les uns ne sont pas applicables alors qu'il s'agit de grandes agglomérations ; les autres (système Hambourg) ne peuvent, au contraire, être employés que dans les grandes villes.
- III. Le filtre américain présente toutes les garanties désirables ; il donne des résultats excellents, tant au point de vue bactériologique qu'au point de vue de la clarification des eaux.
- IV. Sa vitesse de filtration est très grande : quarante à cinquante fois supérieure à celle des autres filtres à sable. Elle peut atteindre, si les besoins l'exigent, une vitesse de 4 à 5,000 millimètres à l'heure.

V. Son mécanisme est très simple et il se prête soit à la filtration des eaux d'un immeuble (13 mc. par jour), soit à la filtration d'une très grande ville. Aussi peut-on considérer le filtre américain comme le filtre de l'avenir.

VU :

Le Président de la Thèse,
J. COURMONT.

VU :

Le Doyen,
LORTET.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Lyon, le 20 juillet 1904.

Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,
G. COMPAYRÉ.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1898

D^r GARDNER, T. SWARTS. — Man's imitation of nature in purification of water. New-York, sept. 1898.

1900

WESTON (E. B.). — The Norfolk, Virginia, filter plant. Providence. Mai 1900.

SIMIN (Nicholas P.). — Filtration of water for public use. Juillet 1900.

1901

MAIN (Ed.). — The american system of mechanical filtration. Brooklyn. Janvier 1901.

CAIRD (J. M.) and Mason (W. P.). — Reports of the efficiency of the gravity filter plant. Mai 1901.

1902

DUPONT (M.). — Des eaux filtrées dans l'alimentation des grandes villes. *Thèse de Lyon*. (Lab. d'hygiène), 1902

1903

BITTER. — Rapport sur l'efficacité du Jewell Filter. Alexandrie 1903.

GOTSCHLICH. — Rapport de l'inspecteur sanitaire sur le Jewell Filter. Alexandrie 1903.

LESIEUR (Ch.). — Bacilles d'Eberth dans les puits de Gerland au cours d'une épidémie de fièvre typhoïde *Bul. Soc. Méd. Hôp. de Lyon*, 1903, p. 373.

1904

- COURMONT (J.). — Rapport sur l'alimentation des villes en eau potable. *Congrès de climatothérapie et d'hygiène urbaine*. Nice, avril 1904.
- COURMONT (J.). — L'alimentation des villes en eau potable. Dangers de l'eau de source. Impossibilité d'une surveillance efficace. *Presse médicale*, 15 juin 1904.
- COURMONT (J.). — Cours d'hygiène professé à la Faculté de médecine de Lyon.
- GIESELER (E. A.). — Description and history of the water works and the american system of filtration at Trieste, Austria. Extrait de *The engineering record*, 20 février 1904.
- KLISZOWSKI (S. H.). — Stérilisation des eaux de boisson par l'iode libre à l'état naissant. *Thèse de Lyon*, (Lab. d'hygiène), 1904.
- LESIEUR (Ch.). — La dissémination du bacille d'Eberth par les urines des typhiques. *Rapport au Congrès des comités coloniaux*. Paris, mai 1904.
- LUTROT (L.). — Épuration des eaux de boisson en campagne. *Thèse de Lyon*, (Lab. d'hygiène), 1904.

